

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Wälzlager mit Festschmierstoff, insbesondere zum Einsatz in einer Halbleiterfertigungsvorrichtung.

Wälzlager werden im allgemeinen mit Schmiermitteln, wie z. B. Fett, versorgt, die zwischen dem Innen- und Außenring und zwischen den Wälzkörpern und dem Käfig zugeführt werden, um die entstehende rollende oder gleitende Reibung zu reduzieren und die Lebensdauer des Lagers zu erhöhen.

Bei Verwendung eines Wälzlagers in einem Vakuum, in dem ein hohes Maß an Sauberkeit erforderlich ist, wie z. B. bei einer Halbleiterfertigungsvorrichtung, stellt der Dampf des Schmiermittels eine Quelle der Verschmutzung dar; aus diesem Grund können Fett und andere Flüssigschmierstoffe nicht verwendet werden. Deshalb wird für ein in einer derartigen Umgebung eingesetztes Wälzlager ein Festschmierstoff mit einem niedrigen Dampfdruck benötigt. Gegenwärtig sind Laminarstoffe, wie z. B. Molybdändisulfid, Weichmetalle wie Gold, Silber und Blei, Hochpolymere wie PTFE und Polyamide, als Festschmierstoffe für Wälzlager weit verbreitet.

In den letzten Jahren haben jedoch auf dem Gebiet der Halbleiterfertigung mit zunehmender Erhöhung des Integrationsgrades die Abmessungen der Strukturen von integrierten Schaltungen immer weiter abgenommen. Da die Gefahr besteht, daß von einem Lager abgesonderte Abriebteilchen des Festschmierstoffs einen Kurzschluß der Schaltung aufgrund der Haftung der Teilchen, an den Schaltmusterstrukturen verursachen könnten, geht die Tendenz dahin, keine Festschmierstoffe des weichen Metalltyps mehr zu verwenden, da diese leitend sind.

Festschmierstoffe wie Molybdändisulfid und PTFE (Polymer) sind zwar andererseits Nichtleiter, sie weisen jedoch ein schlechtes Haftvermögen und eine geringe Verschleißfestigkeit auf. Aus diesem Grund sind sie der Haltbarkeit von Weichmetallen unterlegen.

Des weiteren wurde bei neuen Halbleiterfertigungsvorrichtungen nicht nur die Forderung nach einem Lager laut, das in einem Vakuum einsetzbar ist, sondern auch nach einem Lager, das sowohl in Luft als auch in Vakuum einsetzbar ist, eine niedrige Staubbildungsrate aufweist und korrosionsbeständig ist. Für den Einsatz in Vakuum geeignete Lager werden in der Halbleiterfertigung meist bei der Bearbeitung von Wafern benötigt. Der Wafer-Förderer benötigt somit ein Lager, welches sowohl in Luft als auch in Vakuum funktionsfähig ist. Aufgrund des hohen Integrationsgrades der Halbleiter muß ferner unbedingt die Entstehung von Staub verhindert werden. Außerdem soll die Vorrichtung auch in Umgebungen einsetzbar sein, in denen Korrosionsbeständigkeit und Wärmebeständigkeit erforderlich sind.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Schaffung eines Wälzlagers mit Festschmierstoff mit einer hohen Lebensdauer, das sowohl in Luft als auch in Vakuum einsetzbar ist, und das ferner eine niedrige Staubbildungsrate aufweist und für den Einsatz in der Halbleiterfertigung geeignet ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Wälzlager mit Festschmierstoff gelöst, bei dem zumindest ein Lagerteil der das Wälzlager bildenden Teile einen Schmierfilm aufweist, der zumindest auf einer Fläche des Lagerteils aufgebracht ist, die rollender oder gleitender Reibung ausgesetzt ist, wobei der Schmierfilm aus Polytetrafluoräthylen mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von maximal 5000 gebildet ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können alle Flächen der das Wälzlager bildenden Lagerteile, die einer rollenden oder gleitenden Reibung ausgesetzt sind, mit einem Film des Festschmierstoffes beschichtet sein.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Das bis jetzt zur Schmierung von Wälzlagern benutzte PTFE ist ein Polymer mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von mehr als $1 \cdot 10^5$, meist $1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^7$, PTFE(A) weist jedoch eine geringe Scherfestigkeit auf und stellt im Vergleich zum PTFE-Polymer einen weichen Werkstoff dar. Aus diesem Grund haben PTFE(A)-Abriebpartikel eine bessere Haftfähigkeit und können sich selbst in kleinste Vertiefungen der entsprechenden Fläche legen und einen Schmierfilm auf der Fläche bilden. Somit erfolgt kaum eine Verbreitung der Abriebpartikel, und die Staubbildung ist deshalb gering. Des weiteren ist aufgrund der geringen Scherfestigkeit auch der Reibungskoeffizient niedrig, wodurch ein ausgezeichnetes Schmierergebnis erzielt wird. Durch die Verwendung von PTFE(A) zur Bildung eines Festschmierfilmes in den Bereichen eines Wälzlagers, die einer rollenden oder gleitenden Reibung ausgesetzt ist, wird deshalb eine zufriedenstellende Haftung und ein niedriger Reibungskoeffizient gewährleistet, wodurch ein lang anhaltender Schmierfilm mit guten Schmiereigenschaften erhalten wird.

Da der durch PTFE(A) gebildete Schmierfilm außerdem nicht nur in Vakuum, sondern auch in Luft eine sehr hohe Haltbarkeit besitzt, eignet er sich besonders gut zur Schmierung eines Wälzlagers, das sowohl in Vakuum als auch in Luft eingesetzt wird, wie z. B. ein für eine Wafertransport-Vorrichtung benötigtes Wälzlager, mit welcher Wafer zwischen den verschiedenen Fertigungseinheiten und den Reinräumen in der Halbleiterfertigung transportiert werden.

Wie oben bereits erläutert, wird durch Verwendung von PTFE(A) als Festschmierstoff ein Festschmierfilm erhalten, der nichtleitend ist und bessere Schmiereigenschaften sowie eine höhere Haltbarkeit aufweist. Aus diesem Grund besitzt ein Wälzlager, dessen einer rollenden oder gleitenden Reibung ausgesetzte Flächen mit einem PTFE(A)-Festschmierfilm versehen sind, eine wesentlich höhere Haltbarkeit im Vergleich zu den Lagern, für deren Schmierung der herkömmliche PTFE-Festschmierstoff verwendet wird. Des weiteren besitzen PTFE(A)-Festschmierfilme solche Eigenschaften wie (1) geringe Staubbildungsrate, (2) Eignung zum Einsatz in Luft und Vakuum, (3) geringes Reibungsmoment (entspricht in etwa dem von MoS_2 -Filmen, die durch Zerstäuben aufgebracht wurden), (4) Wärmebeständigkeit (der Erweichungspunkt der Filme liegt nicht unter 320°C), und (5) Korrosionsbeständigkeit (es erfolgt keine Korrosion der Filme durch Säuren oder Laugen), so daß sie als Schmierstoff für in der Halbleiterfertigung eingesetzte Wälzlager außerordentlich gute Eigenschaften aufweisen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer in den Zeichnungen näher dargestellten Ausführungsform beispielsweise erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1A und 1B einen Querschnitt eines Rillenkugellagers eines Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer in einer Halbleiterfertigungseinrichtung verwendeten Wafertransportvorrichtung.

Fig. 3A das Ergebnis eines Dauervergleichsversuchs.

Fig. 3B das Ergebnis einer Staubmeßprüfung.

Fig. 4 und 5 zeitabhängige Änderungen der Staubbildungsrate.

Fig. 6 zeitabhängige Änderungen der Staubbildungsrate über einen längeren Zeitraum hinweg.

Fig. 7 das Ergebnis einer Haltbarkeitsvergleichsprüfung.

Fig. 8 Vergleich der Eigenschaften von unterschiedlichen Schmierfilmen.

Fig. 1A zeigt ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel im Zusammenhang mit einem Rillenkugellager. Dieses Rillenkugellager weist Lagerteile auf, wie z. B. einen Innenring 1, einen Außenring 2, eine Anzahl von zwischen dem Innen- und Außenring 1 und 2 angeordneten Wälzkörpern 3 und einen Käfig 4, der die Wälzkörper 3 in gleichmäßigen Umfangsabständen in ihrer Lage hält. Die Laufflächen des Innen- und Außenrings 1 und 2 und die Oberflächen der Wälzkörper 3 sind mit Schmierfilmen 1a, 2a und 3a aus PTFE(A) versehen, das ein durchschnittliches Molekulargewicht von maximal 5000 besitzt. Die Festschmierfilme 1a, 2a und 3a werden durch Aufsprühen von PTFE(A) (ARCt, Hersteller Japan Acheson Ltd.) aus 25 cm Entfernung auf die entsprechenden Flächen der Lagerteile aufgebracht, so daß diese darauf haften, sowie durch 20-minütiges Einbringen der Lagerteile in einen Ofen mit konstanter Temperatur bei 3000 °C (mindestens 150° C ist als Wärmebehandlungstemperatur erforderlich) zu deren Schmelzverklebung mit den entsprechenden Flächen.

In diesem Fall betrug die durchschnittliche Filmdicke 0,6 µm, in der Zeichnung ist sie jedoch wesentlich dicker als in Wirklichkeit dargestellt. Die auf diese Art gebildeten Schmierfilme 1a, 2a und 3a haften in hohem Maße an den entsprechenden Flächen, wodurch ein teilweiser Abrieb von diesen Flächen verhindert wird und somit ein über einen längeren Zeitraum hinweg zufriedenstellendes Schmierergebnis erzielt wird. Hinsichtlich des zur Bildung des Schmierfilmes verwendeten PTFE(A) kann neben besagtem ARC7 auch VYDAX AR usw., Hersteller DuPont und D-1 etc., Hersteller Central Grass Co., Ltd. verwendet werden. Zur Haftung läßt sich der Film nicht nur auf die gewünschten Flächen aufsprühen, sondern kann auch mittels Eintauchverfahren aufgebracht werden, wodurch das gleiche Ergebnis erzielt wird.

Auch wenn bei dieser Ausführungsform die Laufflächen des Innen- und Außenrings 1 und 2 und die Oberflächen der Wälzkörper 3 mit einem Schmierfilm versehen dargestellt sind, ist es zu diesem Zweck ausreichend, die Oberflächen der Wälzkörper 3 oder die Laufflächen des Innen- und Außenrings 1 und 2 mit einem Festschmierfilm zu versehen. Gemäß Fig. 1A wurden zwar ebenfalls die Flächen des Innen- und Außenrings vollständig mit den Schmierfilmen 1a und 2a versehen. Wie in Fig. 1B dargestellt, kann jedoch das Bilden eines Schmierfilmes auf den Bereichen, die keinen Festschmierfilm benötigen, wie z. B. Paßflächen, durch Abdecken verhindert werden, oder sich darauf bildende Schmierfilme können vor Erhalt des Fertigproduktes entfernt werden. Die Erfindung ist nicht nur für Rillenkugellager gemäß den Fig. 1A und 1B anwendbar, sondern für Wälzlager im allgemeinen.

Fig. 2 zeigt eine in einer Halbleiterfertigungseinrichtung verwendete Wafertransportvorrichtung. Diese Wafertransportvorrichtung wird in der Halbleiterfertigung zum Transport im allgemeinen verwendet, z. B. um Wafer zwischen den einzelnen Fertigungseinheiten zu transportieren. Sie umfaßt einen Waferhebeabschnitt 5

und einen Waferförderabschnitt 6. Ein die Wafer 7 lagerndes Magazin 8 wird durch den Waferhebeabschnitt 5 mittels einer Kugelumlaufspindel 10 angetrieben, während diese durch ein lineares Kugellager 9 geführt wird. Befindet sich das Magazin 8 in gleicher Ebene mit dem Waferförderabschnitt 6, so erfolgt die Betätigung einer Ausstoßvorrichtung (nicht dargestellt), um die Wafer 7 nacheinander auf den Waferförderabschnitt 6 auszustößen. Die nacheinander auf den Waferförderabschnitt 6 ausgestoßenen Wafer 7 werden auf durch Antriebsrollen 11 angetriebenen Bändern 12 in Pfeilrichtung gefordert. Für die Achsen der Antriebsrollen 11 und den Lagerbereich der Welle der Kugelumlaufspindel 10 können Wälzlager im Sinne der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Des weiteren können die rollender oder gleitender Reibung ausgesetzten Flächen des linearen Kugellagers 9 mit Schmierfilmen aus PTFE(A) versehen werden.

Fig. 3A zeigt das Testergebnis eines an Wälzlager der Konfiguration gemäß Fig. 1A und 1B durchgeführten Dauerversuches. Die Durchführung des Dauerversuches erfolgte durch Betrieb von zwei Prüflagern unter den Bedingungen: Raumtemperatur, Vakuumdruck unter 10^{-6} Torr, einer Axialbelastung von 10 N, und 2500 U/min, und die Lebensdauer wurde auf der Grundlage des Zeitpunktes bestimmt, zu dem die Summe der Reibungsmomente der beiden Prüflager 10^{-2} Nm erreichte. Wie in der Zeichnung dargestellt, lag die Lebensdauer der Wälzlager mit Festschmierstoff gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu herkömmlichen Wälzlager mit Festschmierstoff, der aus Schmierfilmen aus PTFE-Polymer gebildet ist, um den Faktor 4 über dem herkömmlichen Wert, wenn sie mit einem Schmierfilm mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 1000–3000 versehen wurden, und um den Faktor 3–4 über dem herkömmlichen Wert, wenn sie mit einem Schmierfilm mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 3000–5000 versehen wurden.

Fig. 3B zeigt das Ergebnis einer an Wälzlager der Konfiguration gemäß Fig. 1A und 1B durchgeführten Staubmeßprüfung. Die Staubmeßprüfung wurde durch Betrieb von Prüflagern unter den gleichen Bedingungen wie bei dem Dauertest durchgeführt, wobei die gebildete Staubmenge durch eine unmittelbar unter den Prüflagern angeordnete Stauberfassungsvorrichtung erfaßt wurde. Wie in der Zeichnung dargestellt, betrug die Staubbildungsrate der Wälzlager mit Festschmierstoff gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu herkömmlichen Wälzlager mit Festschmierstoff, der aus Schmierfilmen aus PTFE-Polymer gebildet ist, ca. 1/100 des herkömmlichen Wertes, wenn sie mit einem Schmierfilm mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 1000–3000 versehen wurden, und die Staubbildungsrate betrug ca. 1/10 des herkömmlichen Wertes, wenn sie mit einem Schmierfilm mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von 3000–5000 versehen wurden.

Fig. 4 zeigt das Ergebnis der Meßung der Staubbildungsraten von Tiefrillslagern, die mit verschiedenen Schmierfilmen versehen wurden, unter folgenden Bedingungen: Vakuumdruck unter 10^{-6} Torr, 500 U/min, und eine Axialbelastung von 1,5 N. Fig. 5 dient zusätzlich zu Vergleichszwecken, wobei 50 U/min und eine Axialbelastung von 10 N verwendet wurden, was den Bedingungen für die Waferfördevorrichtung nahekommt. Bei diesen Figuren gibt die Horizontal-Achse die Zeit (h) an, die Vertikal-Achse gibt die relative Staubbildungsrate (1/min) an; bei (A) wurde ein

PTFE(A)-Film aufgebracht, bei (B) wurde ein Pb-Ion-Film aufgebracht, bei (C) wurde ein Ag-Ion-Film aufgebracht, bei (D) wurde ein MoS₂-Film durch Zerstäuben aufgebracht, und bei (E) wurde ein MoS₂-Sinterfilm aufgebracht. In jedem der Fälle herrschten mit Ausnahme der U/min und der Axialbelastung die folgenden Bedingungen: Prüflager: #608, Innen- und Außenlagerring, Stahlkugeln: SUJ2, Käfig: SUS304, mit Film versehene Teile: Innen- und Außenlagerring, Stahlkugeln; Temperatur: Raumtemperatur; gemessener Staubeilchendurchmesser: > 0,38 µm.

Aus den in Fig. 4 und 5 dargestellten Testergebnissen ist ersichtlich, daß der Film aus Molybdädisulfid, insbesondere der Sinterfilm, eine hohe Staubbildungsrate aufweist und daß die Staubbildungsrate sukzessive in der Reihenfolge von Silber, Blei und PTFE(A) abnimmt. Im Gegensatz zu Molybdädisulfid oder Weichmetall sondert der Schmierfilm aus PTFE(A) keine feinen Partikel ab, wenn die Lagergleitflächen einer hohen Scherkraft ausgesetzt sind, wodurch die Abgabe von Staub durch das Lager nahezu null beträgt. Auch bei Verwendung der Schmierfilme über einen längeren Zeitraum hinweg wird die Staubbildungsrate nicht mit der Betriebszeit erhöht.

Fig. 6 zeigt das Ergebnis einer Langzeitmessung an mit einer PTFE(A)-Schicht versehenen Wälzlager unter den in Fig. 5 dargestellten Bedingungen.

Die Haltbarkeit von Festschmierstoffen hängt weitgehend von der Atmosphäre ab. Mit verschiedenen Festschmierfilmen versehene Kugellager wurden deshalb auf ihre Lebensdauer in Vakuum und Luft geprüft. Die Testergebnisse sind in Fig. 7 dargestellt.

Fig. 7 (A) zeigt das Ergebnis einer in einem Vakuum durchgeführten Prüfung (Vakuumdruck < 10⁻⁶ Torr) und Fig. 7 (B) zeigt das Ergebnis einer in Luft durchgeführten Prüfung. Die Prüfungsbedingungen entsprechen den bezüglich Fig. 5 beschriebenen, mit der Ausnahme, daß es 2500 U/min sind. Filme aus Metallen wie Silber und Blei haben eine lange Haltbarkeit in Vakuum, aber eine kurze Haltbarkeit in Luft. Offensichtlich reagieren die Filme in der Luft mit Sauerstoff, bilden somit Oxide und werden zu feinen Partikeln, so daß sie eine kürzere Haltbarkeit aufweisen, als dies in Vakuum der Fall ist, das wenig Sauerstoff enthält. Die Haltbarkeit von Molybdädisulfid-Filmen in Luft und Vakuum ist praktisch identisch. Derzeitig werden zum Einsatz von sowohl in Luft als auch in einer Vakuumatmosphäre häufig Molybdädisulfid-Filme verwendet. Die Haltbarkeit von PTFE(A)-Filmen in Luft und Vakuumatmosphäre ist jedoch höher als die von Molybdädisulfid-Filmen. Die Vorteile von PTFE(A)-Filmen werden noch deutlicher, wenn das Problem der Staubbildung auftritt.

In bestimmten Halbleiterfertigungseinrichtungen finden u. a. die Vorgänge des Ätzens von SiO₂ mit korrosivem Gas und Bilden eines Oxidfilms statt. Auch wenn die hierfür verwendeten Gase verdünnt sind, so haben sie doch eine äußerst korrosive Wirkung. Deshalb müssen natürlich die Schmierfilme ebenso wie die Lagerwerkstoffe eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Aus diesem Grund werden vorzugsweise korrosionsbeständige Stahlkugeln und Ringe verwendet, auf denen PTFE(A)-Filme gebildet werden.

Da die Erweichungstemperatur von PTFE(A) nicht unter 320°C liegt, ist es auch gegen die bei einer Halbleiterfertigungsvorrichtung benötigten hohen Temperaturen von ca. 300°C widerstandsfähig.

Die Eigenschaften der unterschiedlichen Schmierfilme sind in Fig. 8 zusammengefaßt. Bei der Halbleiter-

fertigungsvorrichtung müssen die für die Fördereinheit verwendeten Lager, für deren Betrieb viele Lager benötigt werden, eine niedrige Staubbildungsrate aufweisen und sowohl zum Einsatz in Luft als auch in Vakuum geeignet sein, wie oben ausgeführt. Die verschiedenen Schmierfilme wurden unter diesem Gesichtspunkt miteinander verglichen; auch vom Standpunkt der Serienfertigung aus ist ersichtlich, daß der PTFE(A)-Film der beste ist.

Patentansprüche

1. Wälzlager mit Festschmierstoff, insbesondere zum Einsatz in einer Halbleiterfertigungsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Lagerteil der das Wälzlager bildenden Teile einen Schmierfilm aufweist, der zumindest auf einer Fläche des Lagerteils aufgebracht ist, die rollender oder gleitender Reibung ausgesetzt ist, wobei der Schmierfilm aus Polytetrafluoräthylen mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von maximal 5000 gebildet ist.
2. Wälzlager mit Festschmierstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Wälzkörper mit dem Schmierfilm versehen ist.
3. Wälzlager mit Festschmierstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Flächen der das Wälzlager bildenden Lagerteile, die einer rollenden oder gleitenden Reibung ausgesetzt sind, mit einem Film des Festschmierstoffes beschichtet sind.
4. Wälzlager mit Festschmierstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lagerinnenring und ein Lageraußenring jeweils mit dem Schmierfilm versehen sind.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

FIG. 1A

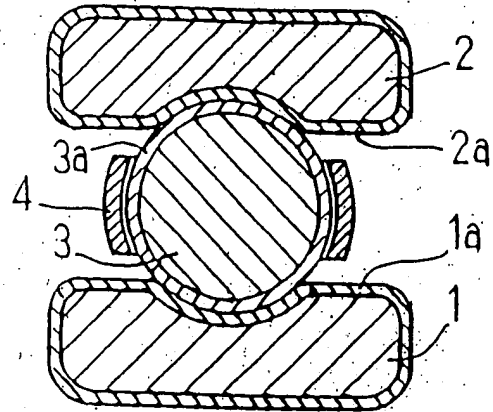


FIG. 1B

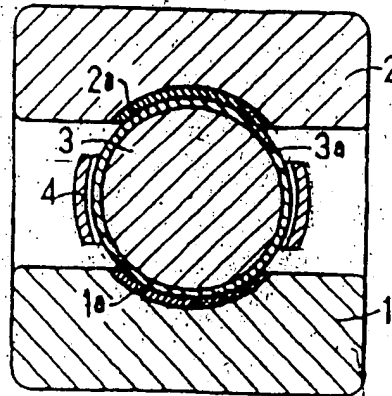


FIG. 2

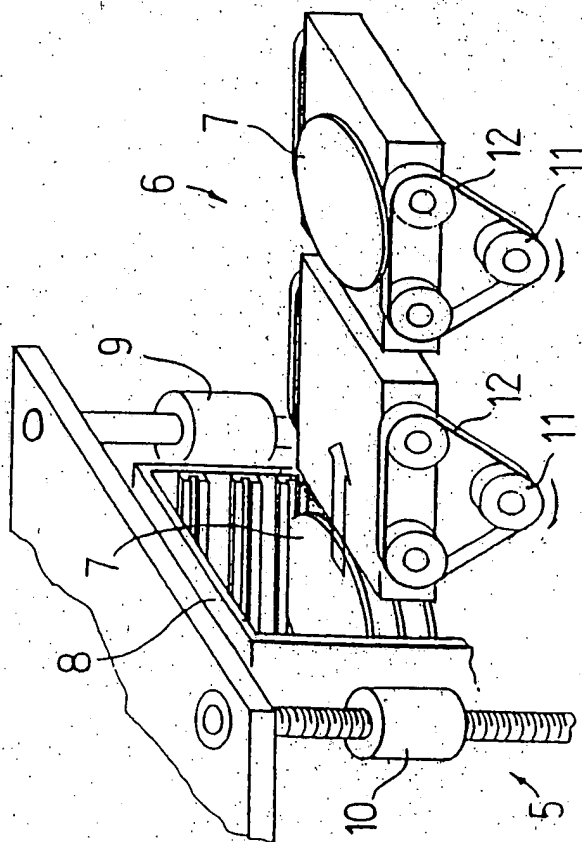
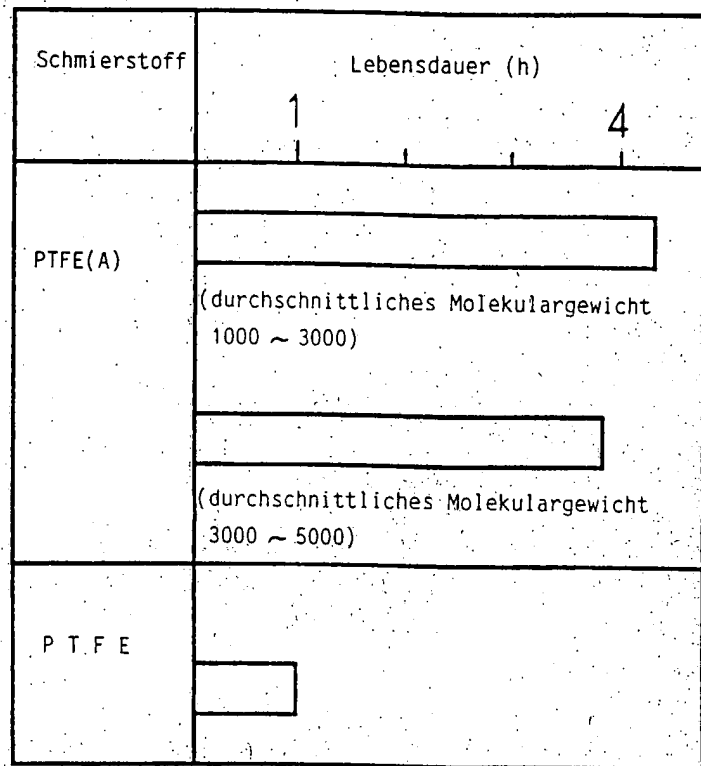
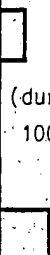
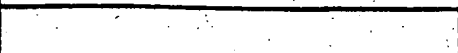


FIG. 3A



Für den Zeitmaßstab dieser Darstellung wurde die Lebensdauer eines herkömmlichen Festschmierstofflagers mit 1 angenommen (normierte Zeitachse)

FIG. 3B

Schmierstoff	relative Staubbildungsrate
	1
PTFE(A)	 (durchschnittliches Molekulargewicht 1000 ~ 3000) (durchschnittliches Molekulargewicht 3000 ~ 5000)
P T F E	

Bei der Darstellung der Staubbildungsrate wurden die Meßwerte auf den Wert im Fall eines herkömmlichen Festschmierstofflagers normiert.

FIG. 4

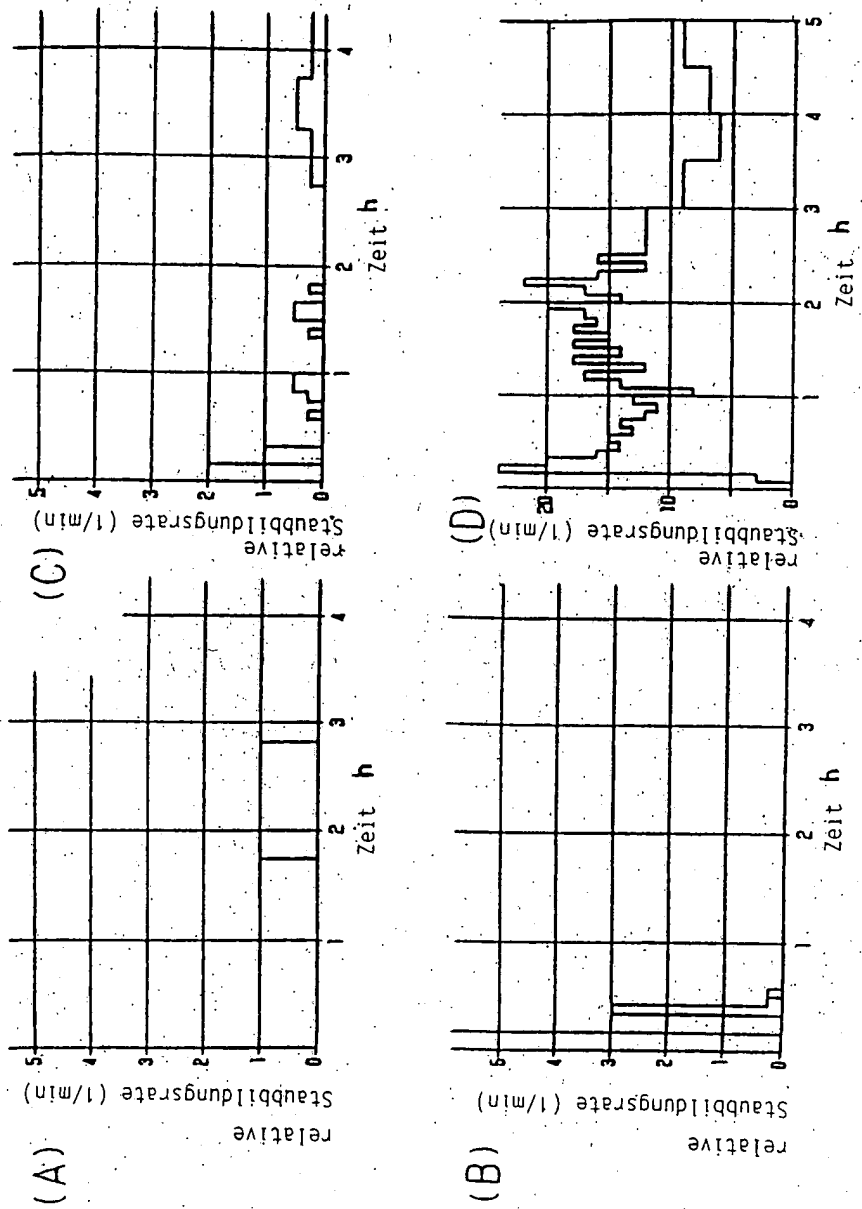


FIG. 5

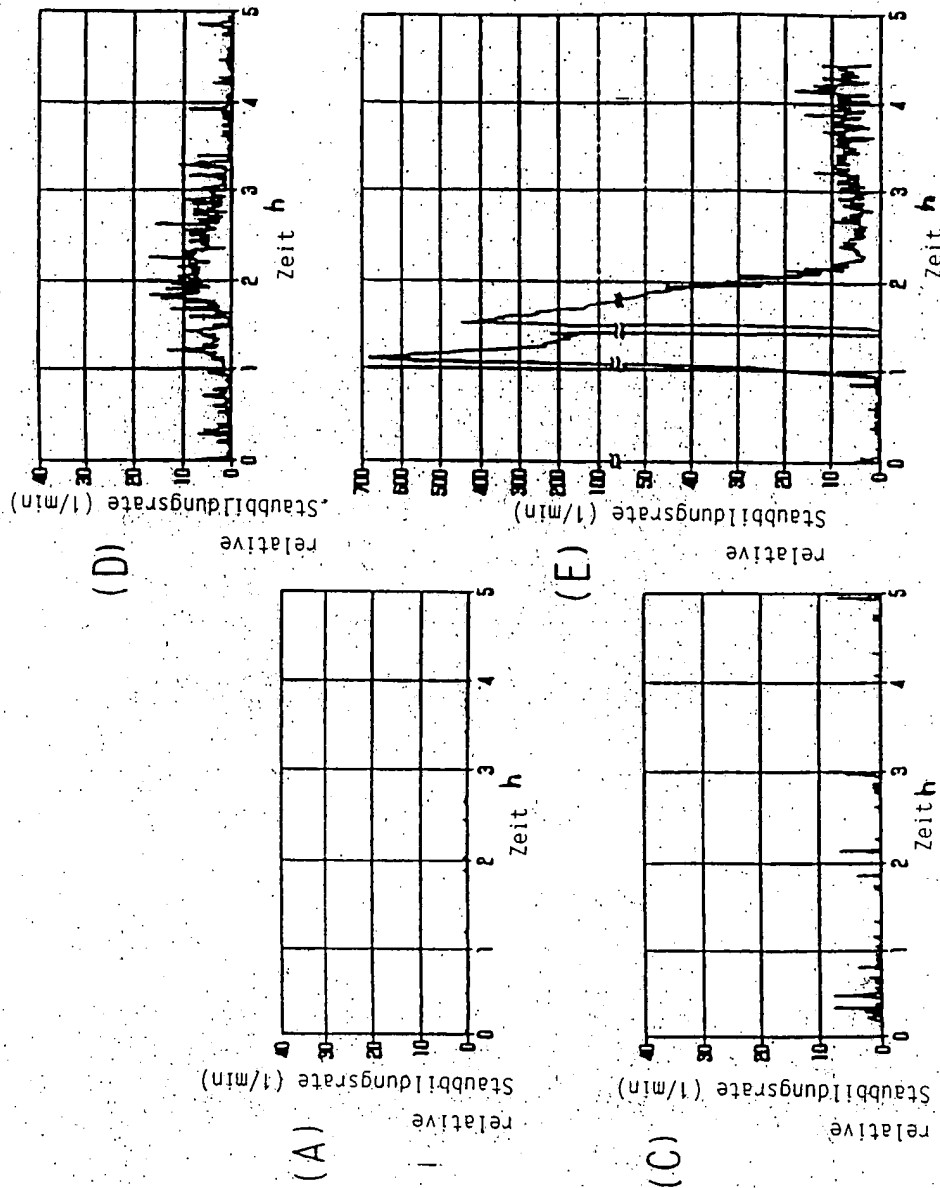


FIG. 6

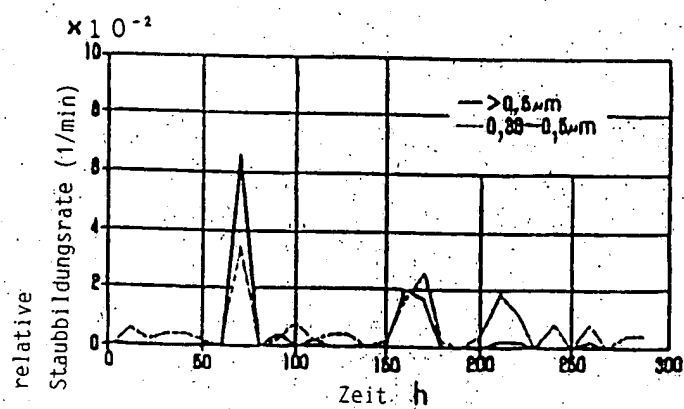


FIG. 7

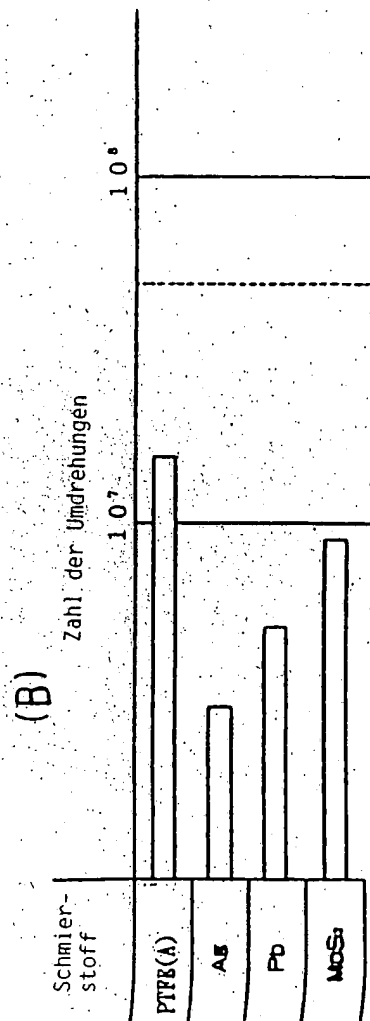
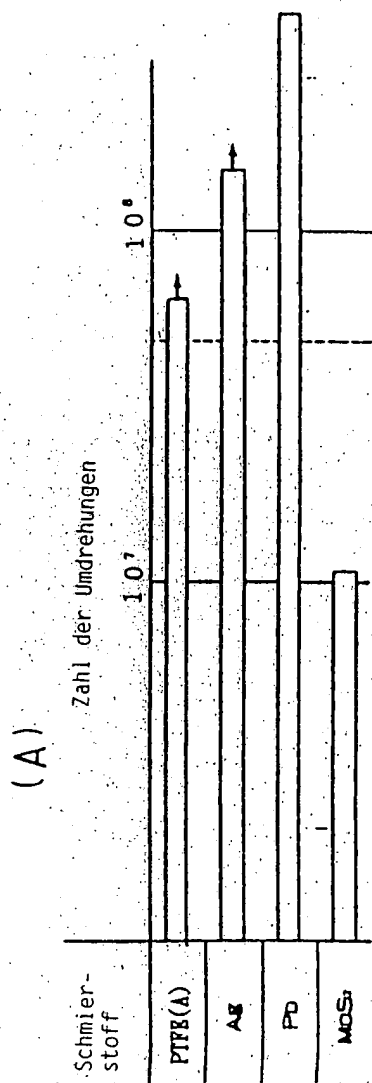


FIG. 8

Schmier- stoff	Haltbarkeit		Staub- bildungs- rate	Wärmebe- ständig- keit	Korrosions- beständig- keit	Kosten	Bemerkung
	in Vakuum	in Luft					
PTFE (A)	○	○	◎	◎	◎	◎	
Ag	◎	△	○	◎	X	△	Schmierfilme können auf der Oberfläche des Fertigprodukts gebildet werden.
Pb	◎	△	○	◎	X	△	Schmierfilme müssen auf der Oberfläche der Teile gebildet werden
MOS ₂	△	△	X	◎	X	△	wie oben ... wie oben

◎: sehr gut
 ○: durchschnittlich
 △: weniger gut
 X: schlecht

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.